

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

Applicant: Gerolf Richter

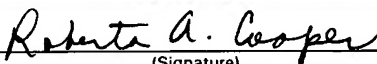
Title: METHOD FOR  
DETERMINATION OF THE  
CHARGE DRAWN BY AN  
ENERGY STORAGE BATTERY

Appl. No.: To be determined

Filing Date: 11/12/03

Examiner: To be determined

Art Unit: To be determined

<b>CERTIFICATE OF EXPRESS MAILING</b>	
I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service's "Express Mail Post Office To Addressee" service under 37 C.F.R. § 1.10 on the date indicated below and is addressed to: Commissioner for Patents, PO Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450.	
EL 979075339 US	11/12/03
(Express Mail Label Number)	(Date of Deposit)
Roberta A. Cooper	
(Printed Name)	
	
(Signature)	

**CLAIM FOR CONVENTION PRIORITY**

Commissioner for Patents  
PO Box 1450  
Alexandria, Virginia 22313-1450

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application filed in the following foreign country is hereby requested, and the right of priority provided in 35 U.S.C. § 119 is hereby claimed.

In support of this claim, filed herewith is a certified copy of said original foreign application:

- GERMANY Patent Application No. DE 102 53 051.3
- filed 11/14/2002.

Respectfully submitted,

Date 11/12/03

FOLEY & LARDNER  
Customer Number: 26371  
Telephone: (414) 297-5564  
Facsimile: (414) 297-4900

By



Marcus W. Sprow  
Attorney for Applicant  
Registration No. 48,580



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 102 53 051.3

**Anmeldetag:** 14. November 2002

**Anmelder/Inhaber:** VB Autobatterie GmbH,  
Hannover/DE

**Bezeichnung:** Verfahren zur Ermittlung der Ladungsaufnahme  
einer Speicherbatterie

**IPC:** G 01 R, H 01 M

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 16. Oktober 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Faust

## GRAMM, LINS & PARTNER

Patent- und Rechtsanwaltssozietät

Gesellschaft bürgerlichen Rechts

GRAMM, LINS & PARTNER GbR, Theodor-Heuss-Str. 1, D-38122 Braunschweig

VB Autobatterie GmbH  
Am Leineufer 51

30419 Hannover

### Braunschweig:

Patentanwalt Prof. Dipl.-Ing. Werner Gramm \*°  
Patentanwalt Dipl.-Phys. Dr. jur. Edgar Lins \*°  
Rechtsanwalt Hanns-Peter Schrammek °  
Patentanwalt Dipl.-Ing. Thorsten Rehmann \*°  
Rechtsanwalt Christian S. Drzymalla °  
Patentanwalt Dipl.-Ing. Hans Joachim Gerstein\*°  
Rechtsanwalt Stefan Risthaus  
Patentanwalt Dipl.-Ing. Kai Stornebel °  
Patentanwalt Dipl.-Phys. Dr. Joachim Hartung °

### Hannover:

Patentanwältin Dipl.-Chem. Dr. Martina Läufer \*°

★ European Patent Attorney

° European Trademark Attorney

ü zugelassen beim LG u. OLG Braunschweig

Unser Zeichen/Our ref.:

3333-130 DE-1

Datum/Date

13. November 2002

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Ermittlung der Ladungsaufnahme ( $\Delta Q(t)$ ) einer Speicherbatterie ausgehend von einem anfänglichen Ladezustand ( $Q_S/Q_0$ ) zu Beginn der Ladungsaufnahme, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ladungsaufnahme in Abhängigkeit von einer Exponentialfunktion mit einer Zeitkonstanten ( $\tau$ ) bestimmt wird, wobei die Zeitkonstante ( $\tau$ ) mindestens in Abhängigkeit von dem Speicherbatterietyp und der Batterie- oder Elektrolyttemperatur ( $T_e$ ) festgelegt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zeitkonstante ( $\tau$ ) weiterhin in Abhängigkeit von dem Ladezustand ( $Q_S/Q_0$ ) zu Beginn der Ladungsaufnahme festgelegt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zeitkonstante ( $\tau$ ) weiterhin in Abhängigkeit von der Ladespannung ( $U_L(t)$ ), einer mittleren Ladespannung ( $\bar{U}_L$ ) oder einer Nennladespannung ( $U_{L,0}$ ) festgelegt wird.

Antwort bitt nach / please reply to:

Hannover:

Freundallee 13  
D-30173 Hannover  
Bundesrepublik Deutschland  
Telefon 0511 / 988 75 07  
Telefax 0511 / 988 75 09

Braunschweig:

Theodor-Heuss-Straße 1  
D-38122 Braunschweig  
Bundesrepublik Deutschland  
Telefon 0531 / 28 14 0 - 0  
Telefax 0531 / 28 14 0 - 28

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** Ermitteln der absoluten Ladungsaufnahme ( $\Delta Q$ ) als Funktion

$$\Delta Q \approx (1 - e^{-t/\tau}) (Q_0 - Q_s),$$

5

mit  $Q_0$  als definierte Nennkapazität der Speicherbatterie und  $Q_s$  als anfängliche Ladung der Speicherbatterie zu Beginn der Ladungsaufnahme.

10  4.

- Verfahren nach einem der vorgehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** Ermitteln des auf die Nennkapazität ( $Q_0$ ) bezogenen relativen Ladungszustands ( $Q(t)/Q_0$ ) der Speicherbatterie als Funktion:

$$Q(t)/Q_0 \approx 1 - (1 - Q_s/Q_0) e^{-t/\tau}.$$

- 15 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** einen ersten Korrekturfaktor ( $\tau_T$ ) für die Zeitkonstante ( $\tau$ ), wobei der ersten Korrekturfaktor ( $\tau_T$ ) nach der Formel:

$$\tau_T = a^{-(T_e - T_{e,0}) / b}$$

20 

mit der Elektrolyttemperatur  $T_e$  der Speicherbatterie, einer definierten Elektrolyttemperatur  $T_{e,0}$  und den Konstanten  $a$  und  $b$  bestimmt wird.

- 25 7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Konstante  $a$  im Wertebereich von 1,5 bis 2,5 und die Konstante  $b$  im Wertebereich von 9 bis 11 festgelegt ist.

- 30 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch einen zweiten Korrekturfaktor ( $\tau_{Qs} / Q_0$ ) für die Zeitkonstante ( $\tau$ ), wobei der zweite Korrekturfaktor ( $\tau_{Qs} / Q_0$ ) im Wertebereich von 1 bis  $1 - Q_s / Q_0$  festgelegt ist.

9. Überwachungseinrichtung für Speicherbatterien mit einer Batterietemperatur-  
messeinheit und mit Rechenmitteln zur Ermittlung der Ladungsaufnahme der  
Speicherbatterie ausgehend von einem anfänglichen Ladezustand ( $Q_s / Q_0$ ) zu  
Beginn der Ladungsaufnahme, dadurch gekennzeichnet, dass die Rechenmittel  
zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche  
ausgebildet sind.
10. Computerprogramm mit Programmcodemitteln, dadurch gekennzeichnet, dass  
die Programmcodemittel zur Durchführung des Verfahrens nach einem der An-  
sprüche 1 bis 8 ausgebildet sind, wenn das Computerprogramm mit einer Pro-  
zessoreinrichtung ausgeführt wird.
11. Computerprogramm nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass das  
Computerprogramm als eine auf einem Datenträger gespeicherte Programmdatei  
verkörpert ist.

JG/ro-ba

**GRAMM, LINS & PARTNER**  
**Patent- und Rechtsanwaltssozietät**  
Gesellschaft bürgerlichen Rechts

GRAMM, LINS & PARTNER GbR, Theodor-Heuss-Str. 1, D-38122 Braunschweig

VB Autobatterie GmbH  
Am Leineufer 51

30419 Hannover

**Braunschweig:**

Patentanwalt Prof. Dipl.-Ing. Werner Gramm \*°  
Patentanwalt Dipl.-Phys. Dr. jur. Edgar Lins \*°  
Rechtsanwalt Hanns-Peter Schrammek °  
Patentanwalt Dipl.-Ing. Thorsten Rehmann \*°  
Rechtsanwalt Christian S. Drzymalla °  
Patentanwalt Dipl.-Ing. Hans Joachim Gerstein \*°  
Rechtsanwalt Stefan Risthaus  
Patentanwalt Dipl.-Ing. Kai Stornebel °  
Patentanwalt Dipl.-Phys. Dr. Joachim Hartung °

**Hannover:**

Patentanwältin Dipl.-Chem. Dr. Martina Läufer \*°

\* European Patent Attorney

° European Trademark Attorney

ii zugelassen beim LG u. OLG Braunschweig

Unser Zeichen/Our ref.:  
3333-130 DE-1

Datum/Date  
13. November 2002

**Verfahren zur Ermittlung der Ladungsaufnahme einer Speicherbatterie**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ermittlung der Ladungsaufnahme einer Speicherbatterie ausgehend von einem anfänglichen Ladenzustand zu Beginn der Ladungsaufnahme.

Die Erfindung betrifft weiterhin eine Überwachungseinrichtung für Speicherbatterien mit einer Batterietemperatur-Messeinheit und mit Rechenmitteln zur Ermittlung der Ladungsaufnahme der Speicherbatterie nach dem oben genannten Verfahren.

Die Erfindung betrifft weiterhin ein Computerprogramm mit Programmcodemitteln zur Durchführung des oben genannten Verfahrens.

Bei dem Betrieb von Speicherbatterien, insbesondere von Starterbatterien in Kraftfahrzeugen, besteht ein Bedarf, den momentanen Zustand der Speicherbatterie zu bestimmen und einen zukünftigen Zustand bei angenommenen Umgebungs- und Batteriezustandsbedingungen vorherzusagen. Dabei ist es erwünscht, auch die im Ladebetrieb aufgenommene Ladung zu ermitteln.

Antwort bitte nach / please reply to:

**Hannover:**

Freundallee 13  
D-30173 Hannover  
Bundesrepublik Deutschland  
Telefon 0511 / 988 75 07  
Telefax 0511 / 988 75 09

**Braunschweig:**

Theodor-Heuss-Straße 1  
D-38122 Braunschweig  
Bundesrepublik Deutschland  
Telefon 0531 / 28 14 0 - 0  
Telefax 0531 / 28 14 0 - 28

Hierzu ist bekannt, während der Betriebsdauer der Speicherbatterie kontinuierlich den Batteriestrom zu messen. Aus dem umgesetzten Strom kann die in die Speicherbatterie hineinfließende Ladung bzw. die der Speicherbatterie entnommene Ladung berechnet und durch Bilanzierung der Ladungszustand ermittelt werden.

5

Weiterhin ist bekannt, die Ladezustandsänderung einer Speicherbatterie mittels mathematischer Modelle, wie zum Beispiel mit Ersatzschaltbildern, zu ermitteln.

Bei diesem Verfahren muss nachteilig der Batteriestrom gemessen werden. Dies ist insbesondere bei Starterbatterien mit relativ hohen Anlasserströmen sehr aufwendig.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein verbessertes Verfahren zur Ermittlung der Ladungsaufnahme einer Speicherbatterie zu schaffen, mit dem ohne Messung des Batteriestroms die im Ladebetrieb von der Speicherbatterie aufgenommene Ladung möglichst genau und mit geringen Messaufwand bestimmt werden kann.

Die Aufgabe wird mit dem gattungsgemäßen Verfahren erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die Ladungsaufnahme in Abhängigkeit von einer Exponentialfunktion mit einer Zeitkonstanten bestimmt wird. Dabei wird vorgeschlagen, dass die Zeitkonstante mindestens in Abhängigkeit von dem Speicherbatterietyp und der Batterie- oder Elektrolyttemperatur festgelegt wird.

Durch Untersuchung hat sich nämlich gezeigt, dass die von einer Speicherbatterie aufgenommene Ladung sich exponentiell asymptotisch einem definierten Vollladezustand, d. h. der Nennkapazität, nähert. Die Nennkapazität ist für Speicherbatterien vom Hersteller bereits angegeben. Dabei hat sich überraschender Weise herausgestellt, dass die Zeitkonstante der Exponentialfunktion im wesentlichen von dem Speicherbatterietyp und der Batterie- oder Elektrolyttemperatur abhängt. Der Einfluss des Ladezustands zu Beginn der Ladungsaufnahme sowie der mittleren Ladespannung ist hingegen sehr viel geringer und muss nicht unbedingt berücksichtigt werden. Alle weiteren Einflüsse sind völlig vernachlässigbar.

Damit reduziert sich der Messaufwand zur Bestimmung der aufgenommenen Ladung auf eine Messung der Batterie- oder Elektrolyttemperatur, wobei die gemessene Batterie- oder Elektrolyttemperatur in eine für die Speicherbatterie festgelegte Funktion zur Berechnung der Zeitkonstanten eingesetzt wird. Diese Funktion kann beispielsweise  
 5 experimentell für jede Speicherbatterie bestimmt werden.

Vorzugsweise wird die Zeitkonstante weiterhin noch in Abhängigkeit von dem Ladezustand zu Beginn der Ladungsaufnahme festgelegt. Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Zeitkonstante weiterhin in Abhängigkeit von der Ladespannung, einer mittleren  
 10 Ladespannung oder einer Nennladespannung festgelegt wird.

So kann die Zeitkonstante mit drei miteinander multiplizierten Faktoren bestimmt werden, wobei der erste Faktor mit einer vom Speicherbatterietyp und der Ladespannung bzw. der mittleren Ladespannung oder der Nennladespannung abhängigen Funktion,  
 15 der zweite Faktor mit einer von dem Ladezustand zu Beginn der Ladungsaufnahme abhängigen Funktion und der dritte Faktor mit einer von der Batterie- oder Elektrolyttemperatur abhängigen Funktion berechnet wird.

Die absolute Ladungsaufnahme der Speicherbatterie kann beispielsweise als Funktion  
 20

$$\Delta Q \approx (1 - e^{-T/\tau}) (Q_0 - Q_s)$$

mit der Nennkapazität  $Q_0$  der Speicherbatterie und der anfänglichen Ladung  $Q_s$  der Speicherbatterie zu Beginn der Ladungsaufnahme berechnet werden.  
 25

Es kann aber auch eine auf die Nennkapazität  $Q_0$  bezogener relativer Ladungszustand der Speicherbatterie als Funktion

$$Q(t) / Q_0 \approx 1 - (1 - Q_s / Q_0) e^{-T/\tau}$$

30

berechnet werden.



Der dritte Faktor als Funktion der Batterie- oder Elektrolyttemperatur kann beispielsweise ein erster Korrekturfaktor  $\tau_T$  für die Zeitkonstante  $\tau$  sein, der sich nach der Formel

$$\tau_T = a^{-(T_e - T_{e,0}) / b}$$

mit der Elektrolyttemperatur  $T_e$  der Speicherbatterie, einer definierten Elektrolytnenn-  
temperatur  $T_{e,0}$  und den Konstanten  $a$  und  $b$  bestimmt wird. Mit diesem ersten Korrekturfaktor  $\tau_T$  wird der Einfluss der Elektrolyttemperatur auf die Ladungsaufnahme der  
10 Speicherbatterie berücksichtigt. Diese Funktion beruht auf dem Arrhenius-Gesetz, da die begrenzenden physiko-chemische Reaktionen Lösungsreaktionen sind. Für eine auf Raumtemperatur von etwa 20°C genormte Zeitkonstante  $\tau$  hat sich hierbei eine Konstante  $a$  mit dem Wert 2 mit einer Toleranz von  $\pm 0,5$  und eine Konstante  $b$  mit einem Wert von 10 und einem Toleranzbereich von  $\pm 1$  als geeignet herausgestellt.

15

Der Einfluss des Ladezustands zu Beginn der Ladungsaufnahme kann durch einen zweiten Korrekturfaktor  $\tau_{Q_s} / Q_0$  für die Zeitkonstante  $\tau$  ausgedrückt werden, deren Wertebereich von 1 bis  $1 - Q_s / Q_0$  liegen sollte. Der Quotient  $Q_s / Q_0$  ist die auf die Nennkapazität  $Q_0$  bezogene anfängliche Ladung  $Q_s$  zu Beginn der Ladungsaufnahme.

20

Die Aufgabe wird weiterhin durch einer Überwachungseinrichtung gelöst, die Rechenmittel zur Durchführung des vorherbeschriebenen Verfahrens aufweist. Die Rechenmittel können beispielsweise als Computerprogramm ausgeführt sein, das auf ein Prozessor, beispielsweise einem zentralen Fahrzeugrechner eines Kraftfahrzeugs, ausgeführt wird. Die Aufgabe wird weiterhin durch ein Computerprogramm mit Programmcodemitteln gelöst, die zur Durchführung des oben beschriebenen Verfahrens ausgebildet sind.

25

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert.  
Es zeigen:

Fig. 1 - Diagramm gemessener und nach dem erfindungsgemäßen Verfahren er-  
mittelter relativer kumulierter Ladungsaufnahmen in Abhängigkeit von  
dem anfänglichen Ladezustand;

Fig. 2 - Diagramm gemessener und nach dem erfindungsgemäßen Verfahren er-  
mittelter relativer kumulierter Ladungsaufnahmen in Abhängigkeit von  
dem anfänglichen Ladezustand, wobei die Zeitkonstante der Exponential-  
funktion mit einem temperaturabhängigen Korrekturfaktor korrigiert ist;

Fig. 3 - Diagramm der relativen kumulativen Ladungsaufnahme für eine Elektrolyt-  
temperatur von 25°C in Abhängigkeit von dem anfänglichen Ladezustand  
und der Zeit bei konstanter Ladespannung einer Blei-Säure-  
Kraftfahrzeugbatterie;

Fig. 4 - Diagramm der relativen kumulativen Ladungsaufnahme für eine Elektrolyt-  
temperatur von -10°C als Funktion des anfänglichen Ladezustands und  
der Ladezeit bei konstanter Ladespannung einer Blei-Säure-  
Kraftfahrzeugbatterie.

Die Figur 1 lässt ein Diagramm der relativen kumulierten Ladungsaufnahme

$$\Delta Q(t) / Q_0 = \frac{Q(t) - Q_s}{Q_0} \text{ für anfängliche Ladezustände } Q_s / Q_0 \text{ von 50 \% SOC und 70 \%}$$

SOC (SOC = State of Charge) erkennen. Die Ladungsaufnahme ist in Abhängigkeit  
von der Zeit des Ladevorgangs aufgetragen und bei Batterie- bzw. Elektrolyttempera-  
turen von 25°C durchgeführt.

Dabei wurde die Ladungsaufnahme experimentell ermittelt und im Vergleich hierzu mit  
dem erfindungsgemäßen Verfahren berechnet. Die experimentell ermittelten Ladungs-  
aufnahmen sind durch die mit Kreisen gekennzeichneten Kurven dargestellt. Die erfin-

dungsgemäß ermittelten Ladungsaufnahmen sind durch die mit Querstrich gekennzeichneten Kurven dargestellt.

Es ist erkennbar, dass die erfindungsgemäß ermittelten und experimentell bestimmten Kurven der relativen kumulierten Ladungsaufnahme eine gute Übereinstimmung zueinander haben.

Zum Zeitpunkt  $t = 0$  hat die Speicherbatterie eine anfängliche Ladung  $Q_s$  und einen auf die Nennkapazität  $Q_0$  bezogenen anfänglichen Ladezustand  $Q_s / Q_0$ . Der anfängliche Ladezustand  $Q_s / Q_0$  beträgt für den ersten Fall a) 50 % SOC und für den zweiten Fall b) 70 % SOC. Die verbleibenden 50 % bzw. 30 % Ladung, die bis zum Erreichen des Voll-Ladezustands mit Nennkapazität  $Q_0$  mindestens aufgenommen werden können, werden durch die Speicherbatterie über die Zeit in einem annähernd exponentiell verlaufenden Ladevorgang aufgenommen.

15

Die dargestellte relative Ladungsaufnahme  $\Delta Q(t) / Q_0$  entspricht der auf die Nennkapazität  $Q_0$  bezogene absolute Ladungsaufnahme während des Ladungsvorgangs.

Die relative Ladungsaufnahme wird erfindungsgemäß proportional zur Formel:

$$\Delta Q / Q_0 \approx (1 - e^{-t/\tau}) (1 - Q_s / Q_0)$$

ermittelt, wobei  $t$  die Zeit und  $\tau$  eine spezifische Zeitkonstante ist. Die Zeitkonstante ist erfindungsgemäß eine Funktion des Speicherbatterietyps, der Batterie- oder Elektrolytemperatur  $T_e$ , des anfänglichen Ladezustands  $Q_s / Q_0$  und der Ladespannung  $U_L$ . Als Ladespannung kann die Ladespannung  $U_L(t)$  über die Zeit, eine mittlere Ladespannung  $\bar{U}_L$  oder eine Ladenennspannung  $U_{L,0}$  o. ä. eingesetzt werden.

Wesentlich ist, dass die Zeitkonstante  $\tau$  eine Funktion der Batterie- oder Elektrolytemperatur und des Speicherbatterietyps ist. Die Abhängigkeit der optimalen Zeitkonstanten  $\tau$  bzw. der Exponentialfunktion ist hingegen nur relativ gering von dem anfänglichen Ladezustand  $Q_s / Q_0$  zu Beginn der Ladungsaufnahme sowie von der La-

despannung  $u_L$  abhängig. Die Ladespannung  $U_L$  kann bereits als Speicherbatterietyp-spezifischer Wert einfließen, wenn eine Funktion zur Bestimmung der Zeitkonstanten  $\tau$  in Abhängigkeit von dem Speicherbatterietyp experimentell ermittelt wird.

- 5 Auch die berücksichtigte Batterie- bzw. Elektrolyttemperatur kann beispielsweise als zu Beginn des Ladevorgangs gemessener Momentanwert bestimmt und für den nachfolgenden Ladevorgang konstant gehalten werden. Damit kann die Zeitkonstante  $\tau$  für einen Ladevorgang einen konstanten Wert haben. Alternativ kann die Zeitkonstante  $\tau$  aber auch als Funktion der Zeit während des Ladevorgangs angepasst werden.

- 10 Die Figur 2 lässt ein Diagramm der relativen Ladungsaufnahme  $\Delta Q(t) / Q_0 = Q(t) - Q_s / Q_0$  bei einer Elektrolyttemperatur von  $0^\circ\text{C}$  und anfänglichen Ladezuständen  $Q_s / Q_0$  von 50 % SOC und 70 % SOC erkennen. Wiederum wurden die Werte für die relative Ladungsaufnahme experimentell bestimmt und im Vergleich
- 15 hierzu nach dem erfindungsgemäßen Verfahren rechnerisch ermittelt. In dem dargestellten Beispiel wurde die Zeitkonstante  $\tau$  durch einen ersten Korrekturfaktor  $\tau_T$  korrigiert, der die Abhängigkeit der Zeitkonstanten  $\tau$  von der Elektrolyttemperatur widerspiegelt. Da die begrenzenden physikalisch - chemischen Reaktionen Lösungsreaktionen sind, wurde auf Grundlage des Arrhenius-Gesetzes eine Korrekturgröße

$$\tau_T = a^{-(T_e - T_{e,0}) / b}$$

- definiert und damit der Einfluss der Elektrolyttemperatur auf die Ladungsaufnahme der Speicherbatterie berücksichtigt. Hierbei ist  $T_e$  die Elektrolyttemperatur und  $T_{e,0}$  eine
- 25 Elektrolyttemperatur. Die Konstanten  $a$  und  $b$  sind Größen, die experimentell bestimmt werden. Die Konstante  $a$  sollte einen Wert von etwa 2 mit einem Toleranzbereich von  $\pm 0,5$  und die Konstante  $b$  einen Wert von etwa 10 mit einem Toleranzbereich von  $\pm 1$  haben.

- 30 Aus der Figur 2 ist zu erkennen, dass mit einer derart korrigierten Zeitkonstanten  $\tau$  eine relativ gute Übereinstimmung der berechneten relativen kumulierten Ladungsaufnahmen zu den gemessenen relativen kumulierten Ladungsaufnahmen besteht. Durch

Optimierung der Konstanten a und b kann das Ergebnis der Ermittlung der Ladungsaufnahme in Abhängigkeit von dem Speicherbatterietyp noch weiter optimiert werden.

Die Abhängigkeit der Zeitkonstanten  $\tau$  von dem relativen Ladezustand  $Q_s / Q_0$  zu Beginn der Ladungsaufnahme ist sehr gering, da der während der Ladung sinkende Innenwiderstand  $R_i$  der Speicherbatterie gemäß dem Produkt  $\tau = R_i \times C$  von der steigenden Kapazität C der Speicherbatterie kompensiert wird. Bei der Berechnung einer Zeitkonstanten wird der anfängliche relative Ladungszustand  $Q_s / Q_0$  vorzugsweise durch einen zweiten Korrekturfaktor

$$\tau_{Qs} / Q_0 = f(Q_s / Q_0)$$

bestimmt, wobei der zweite Korrekturfaktor  $\tau_{Qs} / Q_0$  einen Wert zwischen 1 und  $(1 - Q_s / Q_0)$  annehmen sollte.

Damit kann die Zeitkonstante  $\tau$  nach der Beziehung:

$$\tau \approx R_{T0}(\text{Speicherbatterietyp}, U_L) \circ \tau_{Qs}/Q_0 \circ \tau_T = \tau_{RTO}(\text{Speicherbatterietyp}, U_L) \circ f(Q_s/Q_0) \circ f(Te)$$

bestimmt werden, wobei  $\tau_{RTO}$  eine Zeitkonstante bei Raumtemperatur ist, die lediglich von dem Speicherbatterietyp und der Ladespannung  $U_L$  abhängig ist. Dieser Anteil  $\tau_{RTO}$  einer Zeitkonstanten  $\tau$  kann experimentell für Speicherbatterien eines Typs und Fahrzeugen eines Herstellers bezüglich der üblichen Ladespannung  $U_L$  experimentell ermittelt werden, so dass zur Ermittlung der Ladungsaufnahme lediglich eine Temperaturmessung erforderlich ist.

Die Figur 3, zeigt ein Diagramm der relativen kumulativen Ladungsaufnahme  $\Delta Q(t) / Q_0$  in Abhängigkeit von dem anfänglichen relativen Ladezustand  $Q_s / Q_0$  zu Beginn der Ladungsaufnahme und der Ladezeit t bei einer konstanten Ladespannung von 14,2 V und eine Elektrolyttemperatur von 10°C am Beispiel einer Blei-Säure-Kraftfahrzeugbatterie. Es wird deutlich, dass die Ladungsaufnahme einen Exponentialverlauf aufweist. Im weiten Bereich eines anfänglichen relativen Ladezustands  $Q_s / Q_0$  von etwa

0 % bis 0,7 % ist eine große Linearität der für verschiedene anfängliche Ladezustände angrenzende Exponentialkurven zu erkennen. Dies bedeutet, dass der Einfluss des anfänglichen relativen Ladezustands auf den Kurvenverlauf gering ist.

- 5 Die Figur 4 lässt die relative kumulative Ladungsaufnahme  $\Delta Q(t) / Q_0$  in Abhängigkeit von dem anfänglichen relativen Ladezustand  $Q_s / Q_0$  zu Beginn der Ladungsaufnahme und der Zeit  $t$  bei einer konstanten Ladespannung von 14,2 V und einer Elektrolyttemperatur von 25°C erkennen. Es wird im Vergleich zu dem Kurvenverlauf der Figur 3 deutlich, dass der Verlauf der Ladungsaufnahme bei veränderten Elektrolyttemperaturen  $T_e$  stark geändert ist. Der Kurvenverlauf folgt jedoch wiederum einer Exponentialfunktion.

JG/ba

## Zusammenfassung

Bei einem Verfahren zur Ermittlung der Ladungsaufnahme ( $\Delta Q(t)$ ) einer Speicherbatterie ausgehend von einem anfänglichen Ladezustand ( $Q_s / Q_o$ ) zu Beginn der Ladungsaufnahme wird die Ladungsaufnahme in Abhängigkeit von einer Exponentialfunktion ( $e^{-t/\tau}$ ) mit einer Zeitkonstanten ( $\tau$ ) bestimmt, wobei die Zeitkonstante ( $\tau$ ) mindestens in Abhängigkeit von dem Speicherbatterietyp und der Batterie- oder Elektrolyttemperatur ( $T_e$ ) festgelegt wird.

Bezug zur Fig. 1



JG/ba



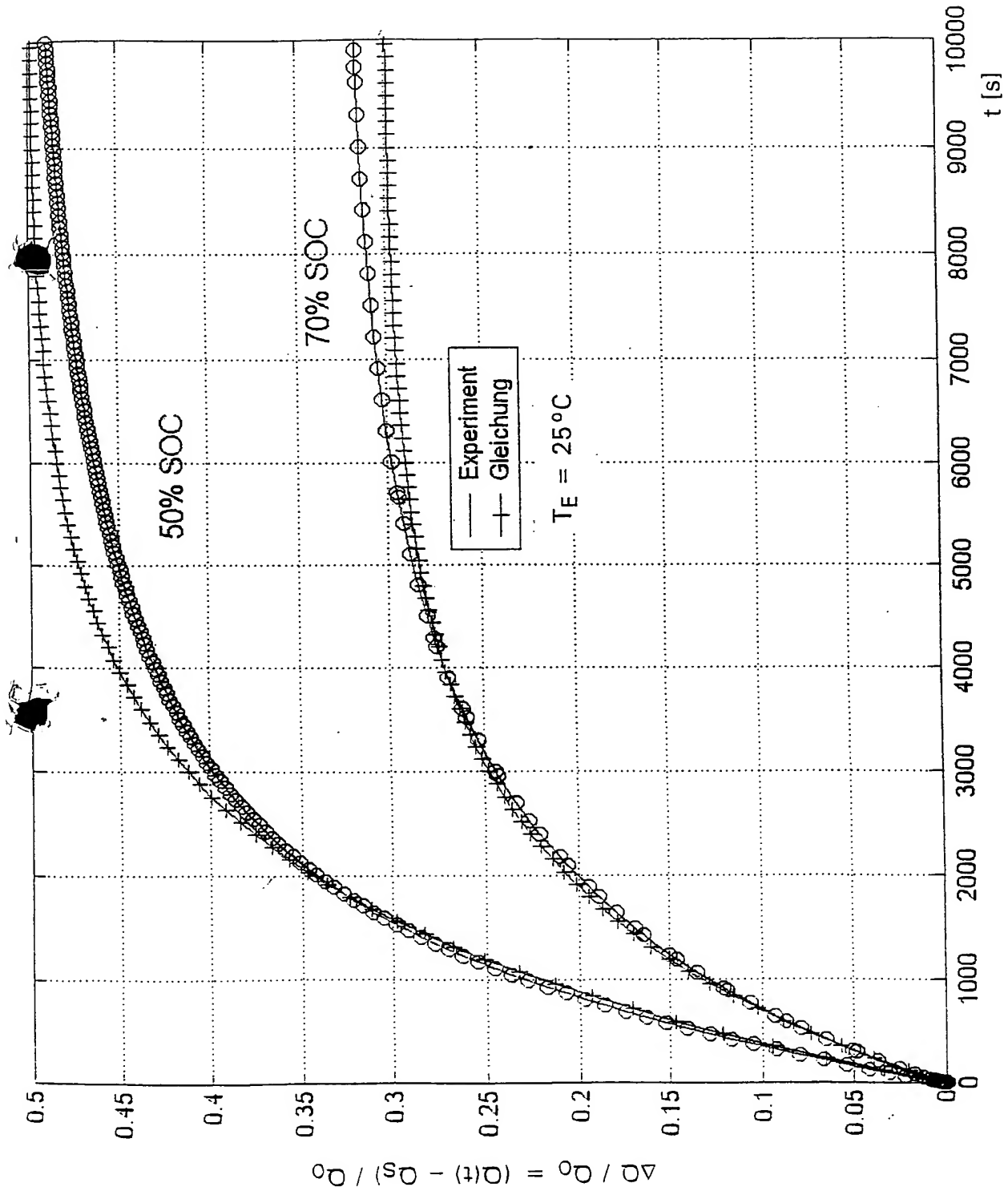


Fig. 1



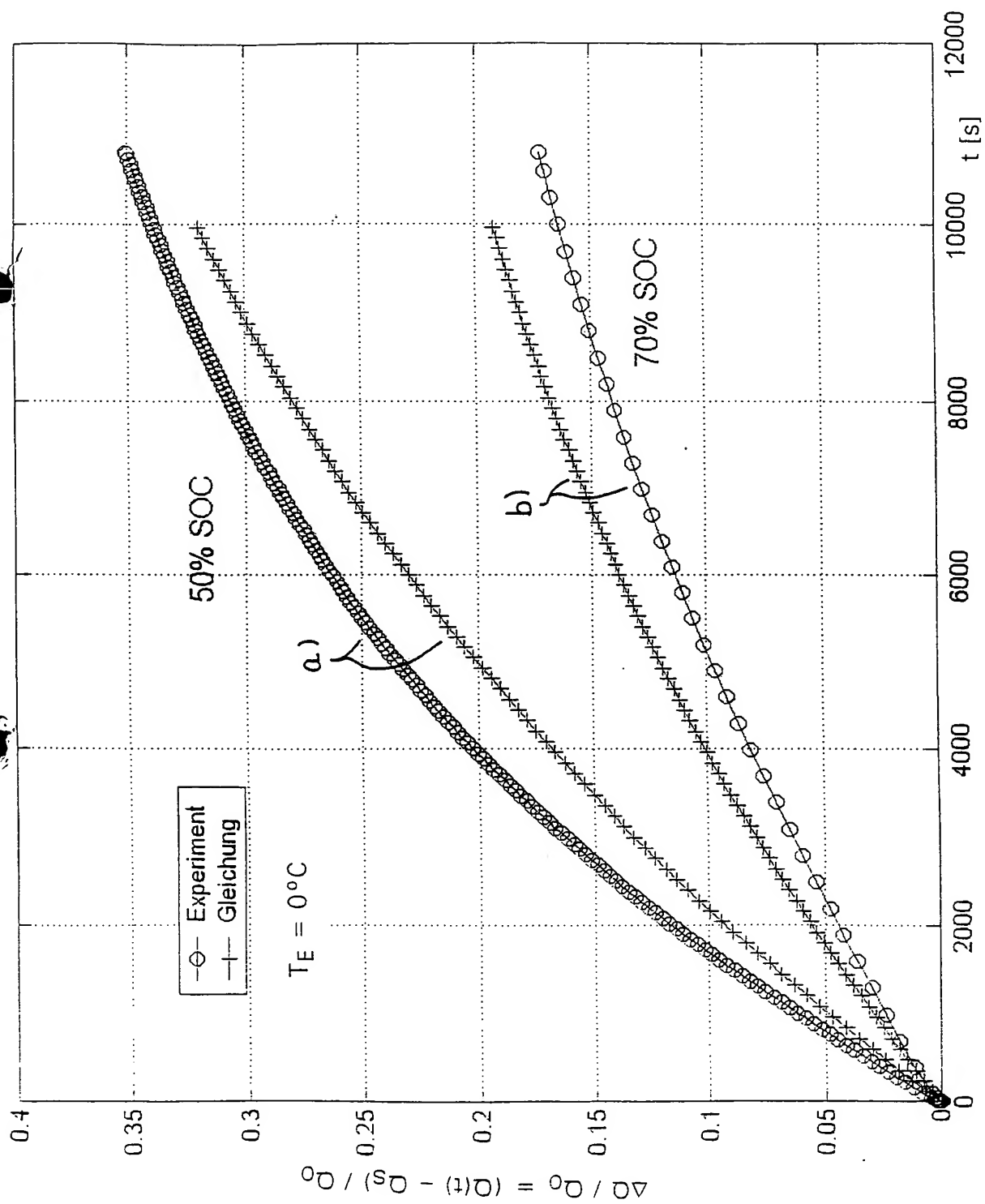


Fig. 2

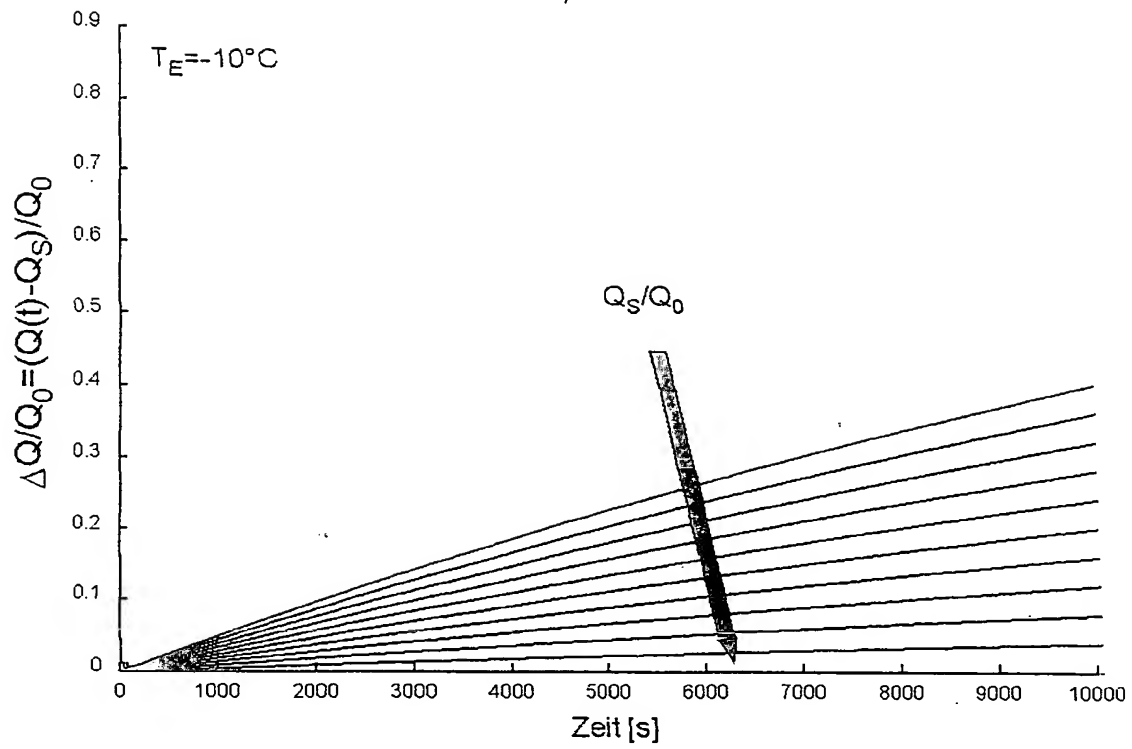


Fig. 3

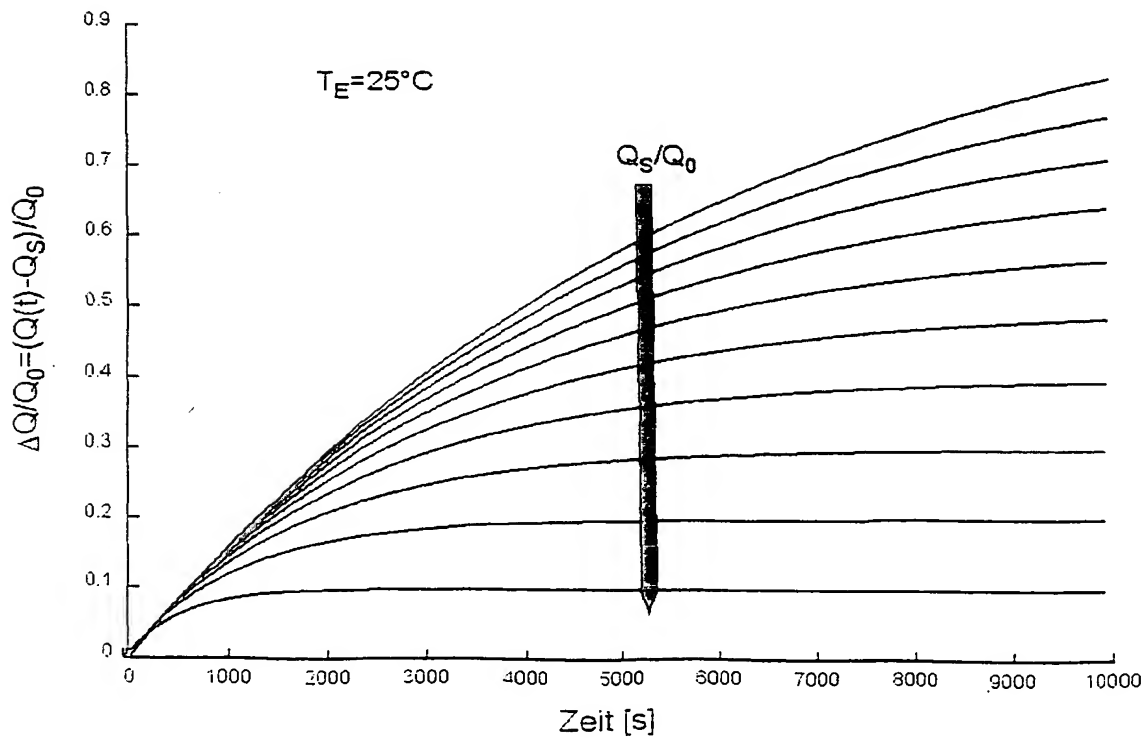


Fig. 4